

平成31年度 放射線安全規制戦略的推進事業費
—事故等緊急時における内部被ばく線量迅速評価法の
開発に関する研究—

2020年2月6日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

安全研究・防災支援部門 安全研究センター

リスク評価研究ディビジョン 放射線安全・防災研究グループ



(主任研究者) 谷村 嘉彦

【背景・目的】

原子力事故等緊急時には、高線量率下における多数の公衆及び作業者が摂取した放射性ヨウ素の迅速かつ高精度な測定・評価が必要

➡ **γ線エネルギー分析方式の可搬型甲状腺モニタシステムを開発**

【実施状況】 ロードマップに従い、ほぼ当初の計画どおりに進捗

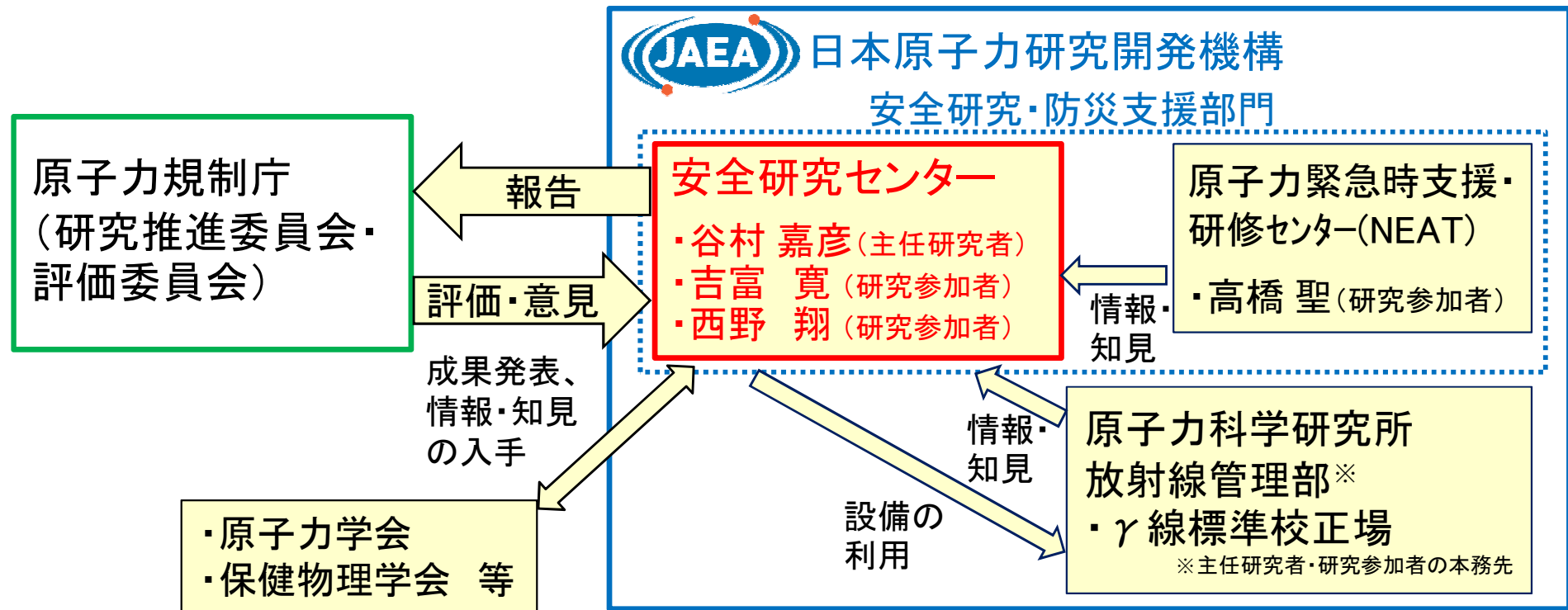
開発項目	平成29年度	平成30年度	平成31年度
① 甲状腺モニタ測定器	検出器の試験・選定 遮蔽体材質等最適化 検出器及び遮蔽の選定 ▲	測定器の試作、性能評価 試作機の完成 ▲	実機の製作、性能評価 実機の完成 ▲
② 高精度放射性ヨウ素定量法	年齢別頸部ファントム製作 頸部ファントムの製作 ▲	頸部・数値ファントムによる定量法の開発 定量法の完成 ▲	
③ 甲状腺モニタシステム		標準化用治具の設計	標準化用治具の製作 マニュアル作成 システム完成 ▲

平成29年度: 最適な検出器の選定、遮蔽体の材質・厚さの最適化、年齢別頸部ファントムの製作
 平成30年度: 甲状腺モニタ測定器の試作、放射性ヨウ素定量法の開発、標準化用治具の概念設計
 平成31年度: 甲状腺モニタ測定器実機の製作、性能評価(見込)、標準化用治具の製作、マニュアル完成(見込)

【期待される効果】

NEAT、オフサイトセンターへの集中配備と、各避難所、指揮所への緊急輸送体制の構築により、多数の公衆・作業者の高精度甲状腺等価線量モニタが可能となる

【研究体制】 平成31年度事業の研究体制



【研究分担】

研究統括
・谷村 嘉彦

- ① 甲状腺モニタ測定器実機の製作
・西野 翔(製作・評価)、谷村 嘉彦(設計)
- ③-1 標準化用治具の製作
・吉富 寛(設計)、谷村 嘉彦(製作)
- ③-2 マニュアルの作成
・西野 翔(機器操作)、吉富 寛(定量・校正法)、谷村 嘉彦(全体統括)、高橋 聖(助言)

➤ 甲状腺簡易測定研修(2019年10月、量研機構)や実務者会合(2020年1月、NEAT)における甲状腺モニタシステムのデモンストレーションを通じて防災関係者の意見を収集

【今年度の研究概要】 平成31年度の実施内容と達成目標

平成31年度(令和元年度)の研究ロードマップ及びマイルストーン(▲)

開発項目	平成31年度(令和元年度)				
① 甲状腺モニタ測定器	実機の仕様検討	実機の製作			実機の性能評価 実機の完成 ▲
③ 甲状腺モニタシステム	治具の詳細設計	治具の製作	マニュアル作成 システムの完成 ▲		
実績	↑ 実務者会合	↑ SSD-19	↑ 甲状腺研修 (試作機デモ)	↑ ARA DOS-5	↑ 実機納品 実務者会合 (実機デモ)

①甲状腺モニタ測定器の開発

- 公衆用LaBr₃検出器の改良
- 検出器遮蔽体の最適化及び可搬性の向上
- 検出器制御・スペクトル解析用ソフトウェアの改良
- γ線標準校正場を用いた高線量率下での性能試験

➡ 目標: 甲状腺モニタ測定器実機の完成

③甲状腺モニタシステムの開発

- 測定条件を標準化するために必要な検出器固定治具の開発
- バックグラウンド放射線測定用治具の製作
- 甲状腺モニタシステムのマニュアルを作成

➡ 目標: 甲状腺モニタシステムの完成

【今年度の研究概要】 ①甲状腺モニタ測定器の開発

○公衆用LaBr₃検出器

シンチレータと光電子増倍管をパッケージ化

➡ 信頼性の向上と製品化へのスムーズな移行



CdZnTe検出器



LaBr₃検出器

○検出器用遮蔽体

更なるダウンサイズによる軽量化(公衆用)

持運びし易くなる構造の工夫

➡ 可搬性の向上により、柔軟な運用が可能

○ソフトウェアの改良

検出器制御系の改良、年齢群に応じたバックグラウンドスペクトル選択機能の追加等

➡ 操作に精通していなくても容易に操作可能

○甲状腺モニタ測定器実機の実機特性試験

実機について、 γ 線標準校正場で高バックグラウンド線量率環境を模擬して測定下限値などを評価

➡ 事故時の高線量率下での使用の判断基準



甲状腺モニタ試作機(平成30年度)

【今年度の研究概要】 ③甲状腺モニタシステムの開発

○標準化用治具の開発

被検者の年齢ごとに甲状腺と検出器の配置を正確に決定できる治具を開発

➡ 位置ずれの感度への影響を軽減し測定精度の向上

○バックグラウンド放射線測定用治具の開発

高線量率下での使用時には、周辺の放射性ヨウ素からのバックグラウンド γ 線の影響を受けるため、この影響補正に用いるバックグラウンドスペクトル測定用治具を開発

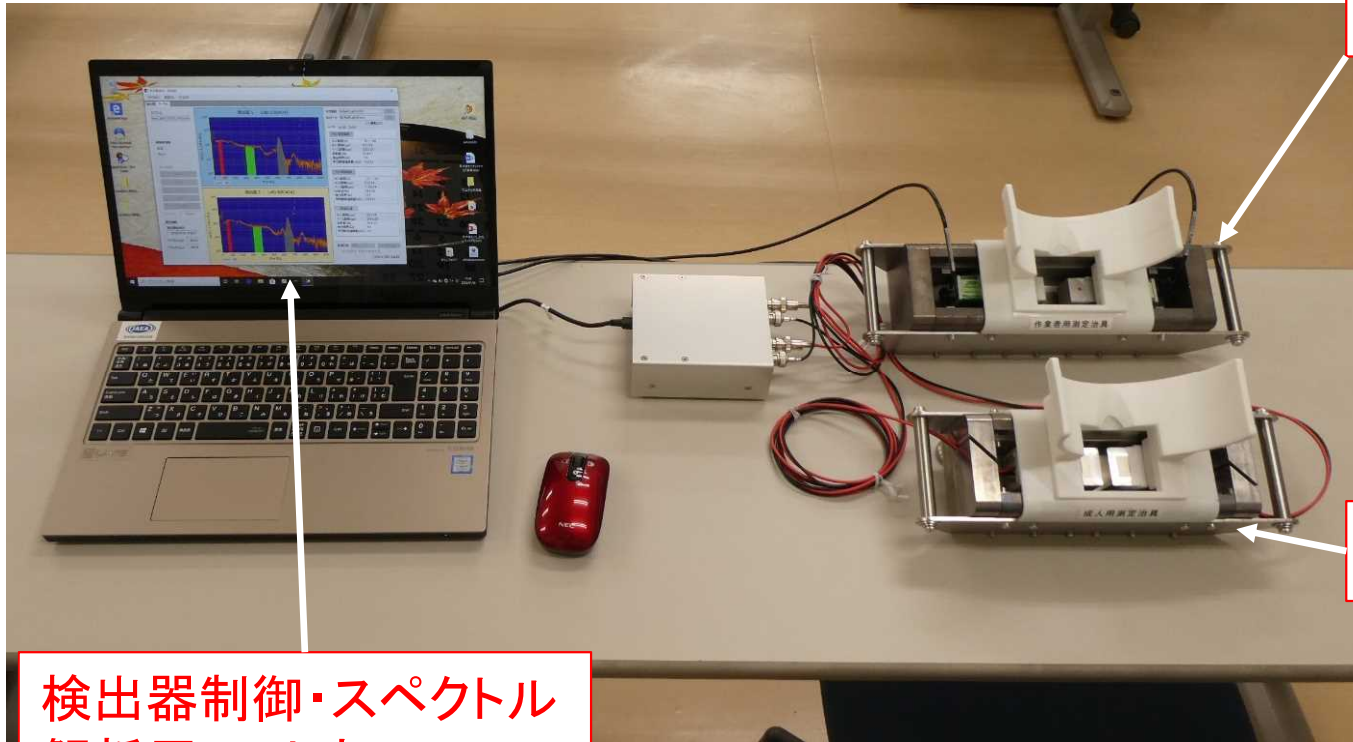
➡ バックグラウンド放射線の正確な補正による測定精度の向上

○マニュアルの作成

甲状腺モニタ測定器の設置、測定器の校正方法、バックグラウンド補正用スペクトルの取得方法、検出器制御・スペクトル解析用ソフトウェアの使用方法等をまとめたマニュアルを作成

➡ 操作に精通していなくても正確な測定が可能

【研究の進捗】 ①甲状腺モニタ測定器の開発 (1)



作業用: 16.6kg

- 遮蔽体及び検出器については試作機を活用し、持ち手を追加



試作機より可搬性が大きく向上

公衆用: 14.4kg

- 遮蔽体幅の最適化(縮小)と持ち手の追加



試作機の軽量化(-2kg)と可搬性の大幅な向上

- 検出器のパッケージ化



試作機より信頼性が向上

検出器制御・スペクトル解析用ソフトウェア

- CdZnTe検出器制御機能の改良
- 年齢別B.G.スペクトル選択機能の追加
- データ保存形式の改良
- ピーク解析機能の追加

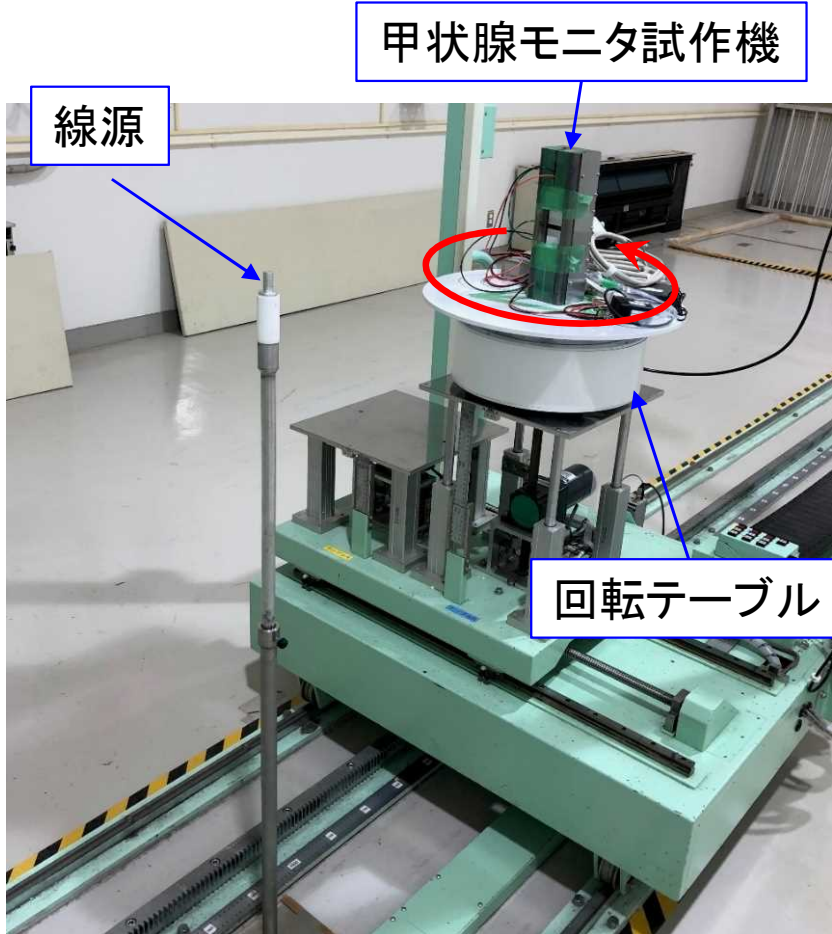


習熟者でなくても容易に操作可能

甲状腺モニタ測定器実機を製作

【研究の進捗】 ①甲状腺モニタ測定器の開発 (2)

試作機の特性試験結果 (平成30年度成果)



γ線標準場における特性試験

- Cs-137、Co-60の高線量率環境下 ($20 \mu\text{Sv/h}$) での特性試験
- 回転テーブルによる全方位照射
➡ 高B.G.環境を模擬

甲状腺等価線量評価下限値[mSv]

線源	公衆 (LaBr ₃)			作業者 (CdZnTe)
	乳児*	小児	成人	
¹³⁷ Cs	9.3	7.4	2.2	3.7
⁶⁰ Co	6.7	5.3	1.6	2.7

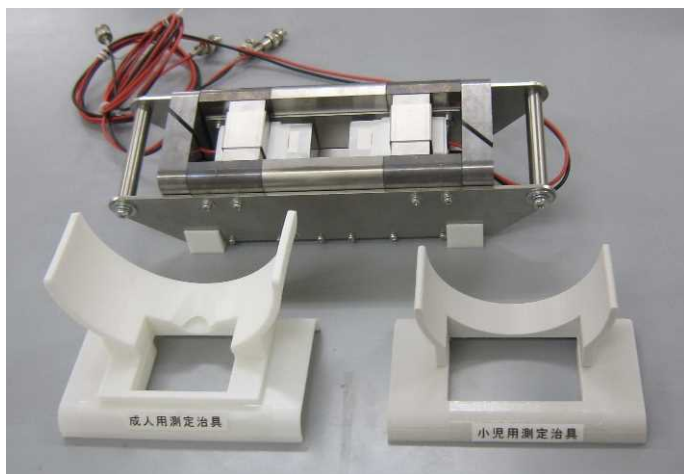
*乳児のみ測定時間: 300秒、その他: 150秒

試作機では、 $20 \mu\text{Sv/h}$ の高線量率環境下においても**10mSv**の評価が可能

甲状腺モニタ測定器実機についても同様の性能であることを年度内に確認予定

○標準化用治具の開発

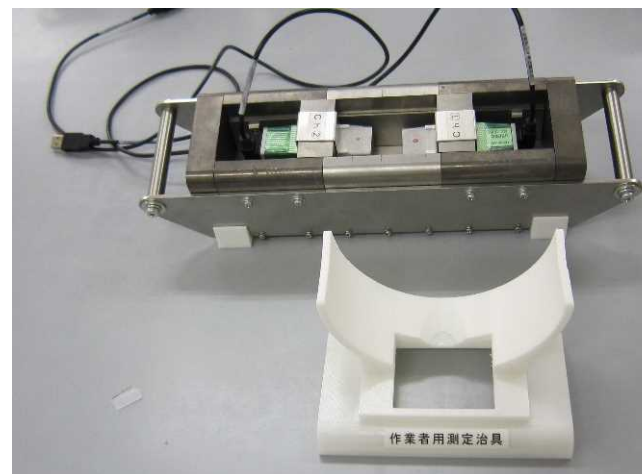
公衆用



成人用
測定治具

小児・乳児用
測定治具

作業者用

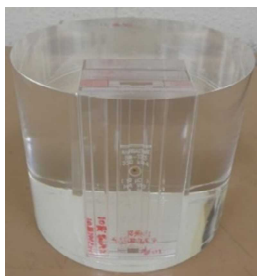


作業者用測定治具

- 治具の製作に3Dプリンタを使用 → 複雑な形状を自在に製作可
- 人体への有害性が認められず、様々な製品にも使用されている素材を採用
→ 環境負荷が小さい生分解性プラスチック樹脂、軟質ウレタン樹脂
- 被検者の頸部が接触する箇所は、軟質のウレタン樹脂を使用
→ 測定時の不快感を軽減するとともに頸径の個人差に対応

【研究の進捗】 ③甲状腺モニタシステムの開発(2)

○バックグラウンド放射線測定用治具の開発



校正用簡易頸部ファントム
(PMMA製13cmΦ×12cm)



乳児用治具



小児用治具



成人用治具

- 甲状腺モニタシステム校正用簡易頸部ファントムでバックグラウンド放射線（周辺の放射性ヨウ素からの γ 線）の被検者による遮蔽効果を模擬
- 甲状腺モニタリング時にバックグラウンド放射線のスペクトルを差引く
➡ バックグラウンド放射線の影響を正確に補正可能

○マニュアルの作成

- 試作機（平成30年度製作）用の簡易マニュアルを作成して、10月に量研機構で開催された甲状腺簡易測定研修においてデモンストレーションを実施
- 12月に納品された甲状腺モニタシステムの実機について、マニュアルの作成に着手

【成果】 主な成果の公表状況

- 19th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD19)において
成果公表(9月15日～20日、広島、ポスター発表&論文投稿 3件)
 - S. Nishino et al.: Prototype Test of Potable Thyroid Dose Monitoring System using Gamma-ray Spectrometers
 - H. Yoshitomi et al.: Uncertainties due to the body size for the radioiodine measurements using a newly developed thyroid monitor
 - Y. Tanimura et al.: Background Correction Method for Portable Thyroid Dose Monitor Using Gamma-ray Spectrometer Developed at JAEA in High Dose Rate Environment
- 5th Asia Radiation Dosimetry Group annual meeting (ARADOS-5)において
成果公表(11月6日～8日、中国 北京、口頭発表)
 - Y. Tanimura et al.: Development of thyroid dose monitoring system using gamma-ray spectrometers
- 日本原子力学会2020年春の年会で成果発表(3月16日～18日、福島大学、口頭発表予定)
 - 谷村 他:エネルギー分析型甲状腺放射性ヨウ素モニタの開発 モニタの製作と測定手法の開発

【平成29年度の成果】

- 特許公開:特開2019-138665「甲状腺モニタ用可搬型放射線測定器及び測定方法」(平成30年2月6日出願、令和元年8月22日公開)

【自己評価】 進捗状況及び成果公表

(1) 進捗状況(平成31年度)

① 甲状腺モニタ測定器の開発

- 公衆用及び作業用者の甲状腺モニタシステムについて製作を完了(12月下旬納品)
- 動作試験に着手しており、年度内に性能試験を実施できる見込み

⇒「実機の製作」を達成できる見込み

③ 甲状腺モニタシステムの開発

- 被検者と検出器の配置の正確な決定に用いる標準化用治具を3Dプリンタで製作
- 平成30年度に製作した試作機について、簡易マニュアルを作成し、甲状腺簡易測定研修においてデモンストレーションを実施
- 製作が完了した実機に基づくマニュアル作成に着手しており、年度内に完成できる見込

⇒「標準化用治具の作製及びマニュアルの作成」を達成できる見込み



概ね計画どおりに進捗しており、目標を達成できる見込み